

광학식 지문센서에서의 위조 지문 검출 방법

이지선[†], 김재환^{**}, 채진석^{***}, 이병수^{****}

요 약

최근 개인 인증 기술의 발달과 중요성이 높아짐에 따라 분실이나 도용 등의 위험이 적은 바이오 인식 기술이 빠르게 보급되고 있다. 특히, 인식률이 높고 이용하기 쉬운 지문 인식 시스템이 홍채 인식, 얼굴 인식, 정맥 인식 등의 다른 바이오 인식 시스템보다 훨씬 많이 사용되고 있는 것으로 나타나고 있다. 그러나 이와 같은 지문 인식 시스템은 지문 데이터를 입력할 때, 인공적으로 만들어진 위조 지문이 입력될 수 있는 문제점을 가지고 있다. 따라서 이와 같은 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 광학식 지문센서에서 발생하는 빛이 생체 지문을 투과하면서 감쇠되는 정도를 측정하고, 일정시간에 따른 단계별 빛의 투과량의 명암 차이를 분석하여 위조 지문의 입력을 검출하는 방법을 제안하였다. 제안된 시스템의 성능 향상을 입증하기 위해 기존에 사용되던 지문 온도 측정을 병행하는 멀티센서(Multi-Sensor) 인식 시스템과 성능 비교 실험을 수행하였으며, 그 결과, 위조 지문에 대한 검출률이 약 32.6% 정도 향상된 것을 확인함으로써 지문 인식 시스템에서의 보안 문제의 해결 가능성을 제시하였다.

A Detection Method of Fake Fingerprint in Optical Fingerprint Sensor

Jisun Lee[†], Jaehwan Kim^{**}, Jinseok Chae^{***}, Byoungsoo Lee^{****}

ABSTRACT

With the recent development and increasing importance of personal identification systems, biometric technologies with less risk of loss or unauthorized use are being popularized rapidly. In particular, because of their high identification rate and convenience, fingerprint identification systems are being used much more commonly than other biometric systems such as iris recognition, face recognition and vein pattern recognition. However, a fingerprint identification system has the problem that artificially forged fingerprints can be used as input data. Thus, in order to solve this problem, the present study proposed a method for detecting forged fingerprints by measuring the degree of attenuation when the light from an optical fingerprint sensor passes through the finger and analyzing changes in the transmission of light over stages at fixed intervals. In order to prove improvement in the performance of the proposed system, we conducted an experiment that compared the system with an existing multi-sensor recognition system that measures also the temperature of fingerprint. According to the results of the experiment, the proposed system improved the forged fingerprint detection rate by around 32.6% and this suggests the possibility of solving the security problem in fingerprint identification systems.

Key words: Optical Sensor(광학식 센서), Gray Level(그레이 레벨), Fake Fingerprint(위조 지문), Optical Attenuation(광감쇠 현상)

※ 교신저자(Corresponding Author) : 이지선, 주소 : 인천광역시 남구 도화동 177(402-749), 전화 : 032)770-8491, FAX : 032)764-3928, E-mail : enion@incheon.ac.kr

접수일 : 2007년 6월 11일, 완료일 : 2008년 2월 21일

[†] 정회원, 나사렛대학교 인터넷정보학과 겸임교수

^{**} 준회원, 인천대학교 컴퓨터공학과 석사과정
(E-mail : jhkim@incheon.ac.kr)

^{***} 종신회원, 인천대학교 정보기술대학 컴퓨터공학과 부교수

(E-mail : jschae@incheon.ac.kr)

^{****} 준회원, 인천대학교 정보기술대학 컴퓨터공학과 교수
(E-mail : bsl@incheon.ac.kr)

※ 이 논문은 2007년도 두뇌한국21 사업에 의하여 지원되었음.

1. 서 론

최근 개인 인증 기술이 급속도로 발전하면서 출입 통제는 물론 근태·출결관리에 이르기까지 광범위한 분야에 인증 및 인식기술이 확산되고 있다. 현재 가장 많이 사용되고 있는 PIN(Personal Identification Number)을 적용한 개인 인증 방식은 분실이나 도용, 압기 등 여러 가지 불편함이 지적되고 있으며, 이러한 문제를 해결하려는 방안으로 바이오 인식 기술이 대두되어, 최근 수년간 비약적으로 발전해 오고 있다.

바이오 인식 기술은 개인의 신체적 또는 행동적 특징 정보를 이용한 개인 인증 기술로 안정성과 편리성이 높다는 점에서 여러 분야에 적용되고 있으며, 분실 및 망각의 취약점을 극복할 수 있다는 장점이 있다.[1,2]. 신체적 특징을 이용한 지문 인식, 홍채 인식, 정맥 인식, 얼굴 인식 등과 같은 방법은 신체적 변화가 거의 일어나지 않는다는 특성을 이용하여 사용되고 있으며, 지문 인식 시스템의 경우 구축비용이 저렴하고 인식률이 높다는 장점으로 출입 통제는 물론 개인 신분 확인과 같이 가장 많은 분야에 적용되고 있다. 또한, 행동적 특징을 이용한 서명 인식, 음성 인식과 같은 방법은 꾸준한 기술적 발전에도, 외부 환경적 요인에 따라 변화 요소가 많다는 점 때문에 신체적 특징 방법보다는 그 사용이 점차 줄어들고 있는 추세이다.

그러나 이와 같은 여러 가지 장점을 갖고 있는 바이오 인식 기술 역시, 위조 및 변조된 생체의 입력에 대한 문제점이 아직 해결 과제로 남아있다. 여기에서 위조 생체는 인간의 신체적 특징을 모방하여 제작된 인공의 생체를 의미한다. 특히 위조 지문이나 위조 홍채의 제작 방법이 고도화되어감에 따라 실제 생체와 위조 생체를 구분하는데 적지 않은 어려움이 있으며, 이것은 바이오 인식의 신뢰성을 떨어뜨리는 주요한 원인이 되고 있다[3]. 이러한 바이오 인식 기술의 활용에서 발견되는 보안 취약점의 문제는 바이오 인식 기술이 개인 인증 기술의 중심으로 자리 잡는 데 중요한 지적 사항이 되고 있으며, 국내는 물론 국외의 많은 연구기관에서 문제 해결을 위한 연구가 활발하게 진행되고 있다.

따라서 본 논문에서는 현재 가장 많이 사용되고 있는 지문 인식 시스템의 위·변조 문제를 해결하고,

바이오 인식 데이터의 보안성을 향상시키고자, 광학식 지문센서에서 발생하는 빛이 생체 지문을 투과할 때 일어나는 감쇠 정도(광감쇠 현상)를 측정하여, 일정하게 나타나는 그레이 현상을 통해 위조 지문의 입력을 검출하는 방법을 제안한다. 또한, 제안된 시스템의 성능 향상을 입증하기 위해 기존에 사용되던 지문 온도 측정을 병행하는 멀티센서(Multi-Sensor) 인식 시스템과 비교 실험 및 결과 분석을 수행한다. 그 결과, 위조 지문에 대한 검출률이 약 40% 정도 향상된 것을 확인함으로써 지문 인식 시스템에서 보안 문제의 해결 가능성을 제시하고자 한다.

본 논문의 구성은 2장에서 바이오 인식의 개념 및 위·변조 생체정보에 대해 설명하고, 3장에서 위·변조 지문을 검출하기 위한 시스템 설계 및 구현과 적용 알고리즘에 대해 기술하며, 4장에서 실험 결과 및 분석 내용을 중심으로 살펴보고, 마지막으로 5장에서 결론을 내리고 향후 연구 내용을 제시한다.

2. 바이오 인식 시스템 관련 연구

2.1 바이오 인식 기술의 개념

바이오 인식 기술은 생체인식협회의 표준에 따라 사람의 고유한 신체적 또는 행동적인 특성을 개인 식별에 이용하는 기술로 정의된다[4,5]. 이러한 바이오 인식 기술은 보안을 유지해야 하는 ATM(Automated Teller Machines), 휴대전화, 스마트카드, 데스크 톱 PC, 워크스테이션 또는 컴퓨터망의 불법 사용이나 불법 접속을 방지할 수 있는 시스템 등 여러 분야에 폭넓게 사용되고 있으며, 지문이나 손모양, 음성, 홍채, 망막, 혈관, 서명 등으로 분류된다. 이와 같은 생체적 특징들은 분실하거나 망각할 우려가 없으며 PIN(Personal Identification Number)을 적용한 기존의 개인인증 방법과 차별화된 특징을 가지고 있기 때문에 전통적인 보안시스템을 대신할 대체 기술로 주목받고 있다.

바이오 인식을 이용한 개인 식별 방법은 인증(Verification, 1:1)과 인식(Identification, 1:N)으로 구분되어 진다. 인증이란, 개인이 주장한 신원을 본인이 맞는지 확인하거나 거부하는 것과 관련되며, 출입 통제, 금고, 정보 보안, 전자 상거래 시의 본인 확인 분야에 사용된다. 또한, 인식은 어떤 사람이 자신이 누구인지에 대한 신원을 확인하는 것을 의미하며,

마우스, 키보드, ATM 단말기 및 휴대전화, PDA 등에 사용된다. 결국, 개인이 어떤 방식으로 인정되는가에 따라 바이오 인식 시스템은 인증 시스템 또는 인식 시스템으로 구분된다.

바이오 인식 기술은 개개인이 가진 특성을 입력 데이터로 하기 때문에 오류의 가능성이 일부 존재한다. 이러한 문제의 원인은 생체 데이터가 입력되는 시점에서 사용자의 감정, 자세, 주변 환경 등 시스템이 통제할 수 없는 변수에 영향을 많이 받기 때문이다. 바이오 인식 시스템을 통해 발생하는 오류로는 등록되지 않은 사용자를 등록된 사용자로 잘못 인식하는 오인식률(FAR: False Acceptance Rate)과 등록된 사용자를 비정상적으로 잘못 판단하여 거부하는 오거부율(FRR: False Rejection Rate)이 있다. 이 두 가지의 오류율은 바이오 인식 성능 평가의 기준이 되며, FAR과 FRR이 낮을수록 성능이 높은 인식기능으로 판별하게 된다. 또한, FAR = FRR일 때의 오인식률을 EER(Equal Error Rate)이라 하며, Threshold 값에 따라 FAR과 FRR값은 반비례하므로 이 값을 전체적인 성능 고려 시 참조된다[6,7].

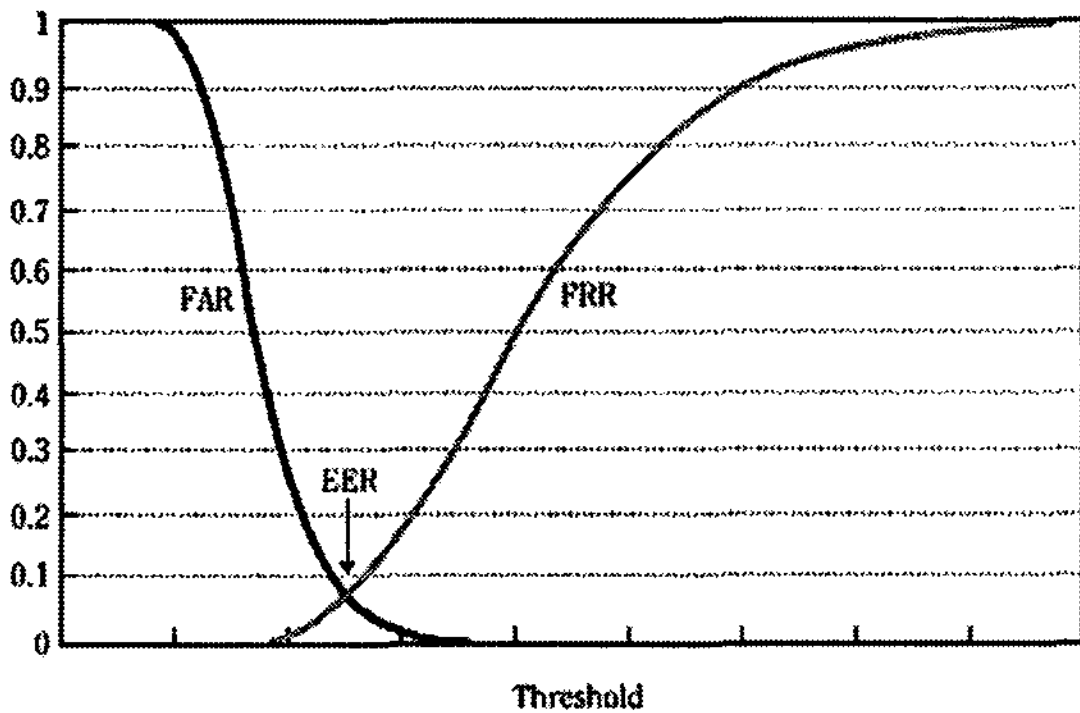


그림 1. FAR, FRR, EER 관계 그래프(6)

2.2 지문 인식 시스템

지문 인식은 가장 오래된 생체측정 방법으로, 고대 바빌론이나 중국에서 이미 신분 증명에 이용한 사례가 있으며, 1883년 '마크 트웨인'의 소설 『Life on the Mississippi』에서도 지문 확인으로 범인을 검거하는 예가 묘사되어 있다. 그 후 1900년대에 '갈튼'이 지문을 형태학상 3가지로 분류하였으며, '헨리'가 지문 분류법을 지문 융선(Ridge)의 전체 흐름과 중심점(Core)과 삼각주(Delta)를 이용하여 체계적으로

분류하였다[8].

또한, 지문 인식은 지문을 입력받는 센서의 종류에 따라 광학식, 열감지식, 축적식, 전기장식, 프리즘 방식, 홀로그래프방식, 초음파 방식 등으로 분류될 수 있다. 이러한 지문 인식 기술은 사용자의 편의성이 뛰어날 뿐만 아니라 다른 바이오 인식 방법과 비교할 때 장비의 비용이 저렴하고 정확도 역시 뛰어나기 때문에 현재 다양한 분야에서 활용되고 있다.

2.3 위·변조 생체정보

위·변조 생체정보란, 인간의 생체정보를 모방하여 동일한 생체특징을 가진 것을 의미하며, 최근 생체 생성 기술이 급속도로 발전하면서 위조 생체를 어렵지 않게 제조할 수 있게 되었다. 특히 실리콘 또는 젤라틴과 같은 물질을 이용하여 실제 지문과 구분하지 못할 정도로 유사한 위조 지문을 생성할 수 있으며, 투명 렌즈를 이용한 위조 홍채 기술도 급격하게 발전하고 있다.

위조 지문을 생성하는 방법은 사용자의 도움을 받는 경우와 그렇지 않은 경우로 나누어 볼 수 있다.

2.3.1 사용자의 도움을 받는 경우

먼저 플라스틱 또는 고무 찰흙과 같은 세밀한 묘사가 가능한 재료를 이용하여 주형을 만든다. 이렇게 제작된 주형 위에 젤라틴 용액이나 실리콘을 주입하여 그림 2와 같이 위조 지문을 생성하게 된다[9].

2.3.2 잔여 지문을 이용하는 경우

위·변조 지문을 생성하는 두 번째 방법은 사용자가 유리잔과 같은 물체에 남겨 놓은 잔여 지문을 이용하는 것으로 현재 가장 많이 사용되고 있으며 보안 취약성에 가장 심각한 문제를 제공하고 있다. 잔여

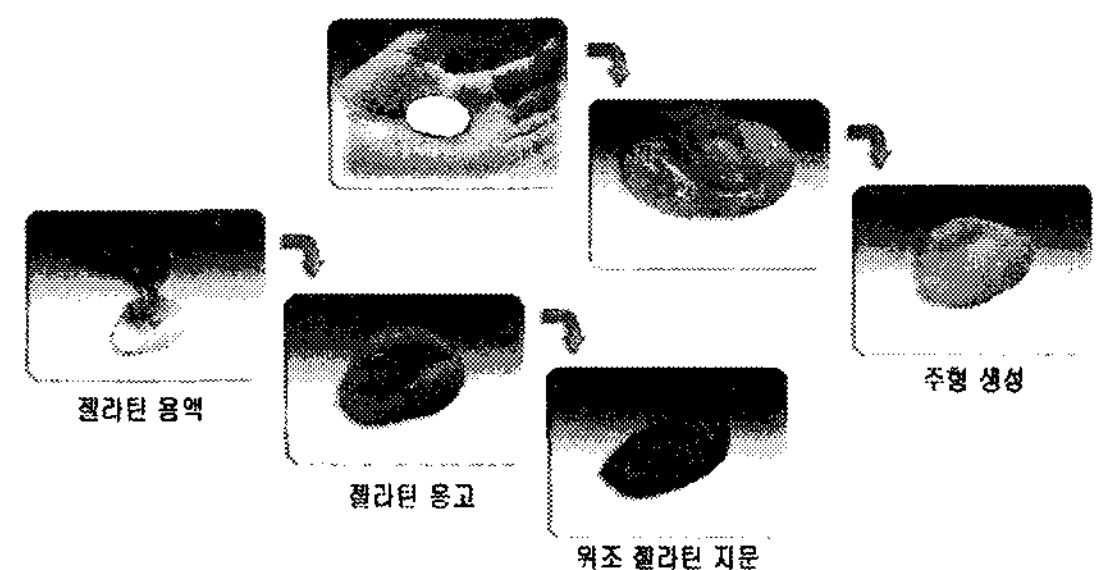


그림 2. 주형 및 고무 찰흙을 이용한 위조 지문 생성(9)

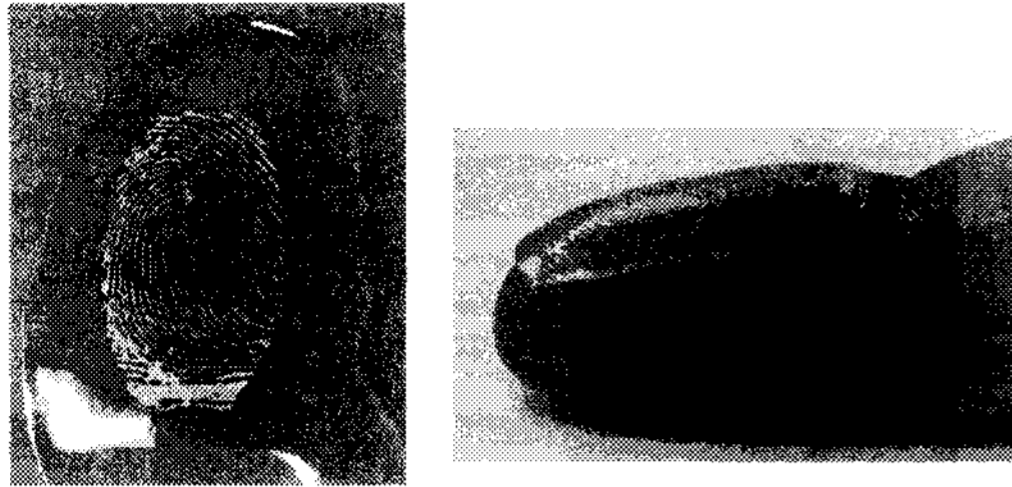


그림 3. 잔여 지문을 이용한 위조 지문(10)

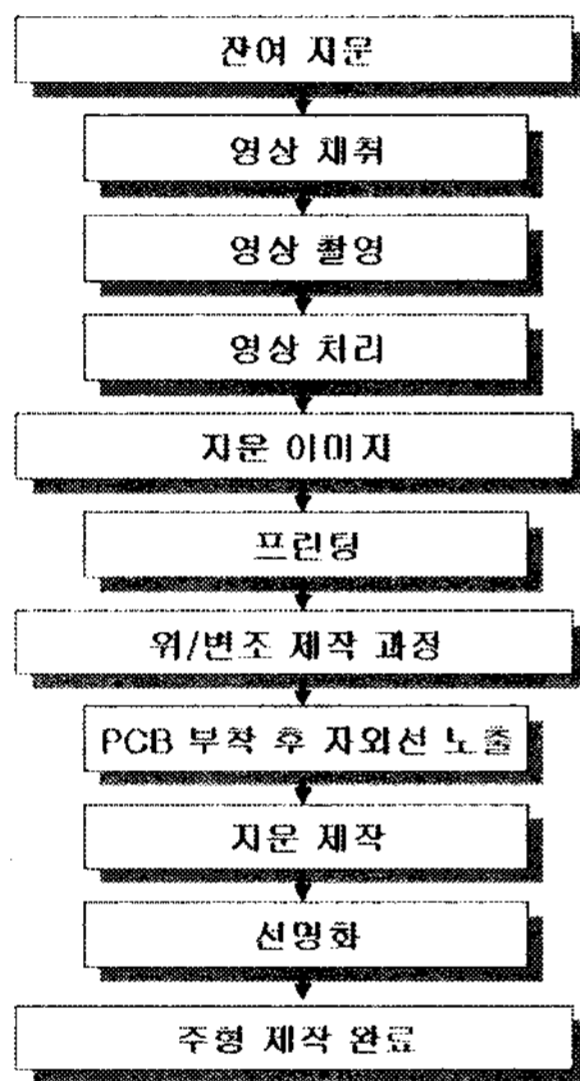


그림 4. 잔여 지문을 이용한 위조 지문 생성 과정

지문을 통해 위조 지문을 생성하는 방법은 다음과 같다. 먼저 고운 분말 또는 지문 채취용 분말 또는 접착테이프를 이용하여 사용자의 잔여 지문을 채취한다. 채취한 잔여 지문의 형상을 고성능 카메라를 이용하여 영상으로 변환한 뒤 영상 처리 기법을 통하여 영상의 잡음을 제거한다. 이렇게 제조된 영상을 필름에 인화하여 감광성의 PCB(Photosensitive Printed Circuit Board)에 부착한 후 자외선을 조사하여 주형을 생성한다[10].

3. 시스템 설계 및 구현

3.1 제안 시스템의 설계 및 구조

본 논문에서 제안한 시스템은 지문 이미지를 획득하는 입력 장치부와 지문의 특징점을 추출하는 단계, 이미 저장된 원본 데이터와 비교 및 검색을 수행하는 정합과 후처리 단계로 구성된다.

3.2 입력 및 특징점 추출 과정의 구현

위·변조된 지문의 입력을 방지하도록 입력 단계에서 문제 해결이 이루어져야 하며, 온도센서, 전기저항 측정 센서 등의 보조 센서를 이용한 방법도 고려되고 있으나, 하드웨어의 추가에 따른 구축비용의 증가와 시스템의 크기가 커지는 단점이 발생하게 된

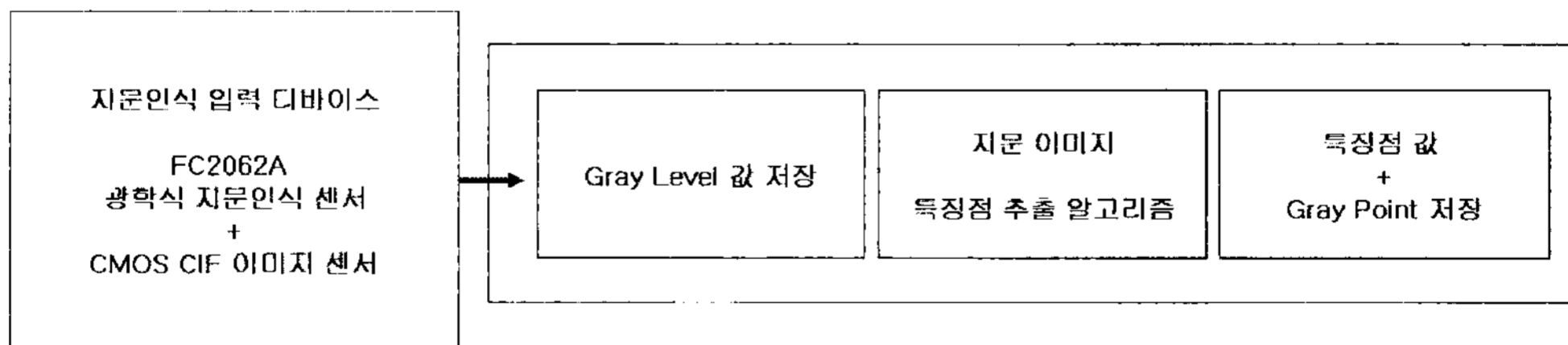


그림 5. 입력 프로세스 처리 시스템 구조

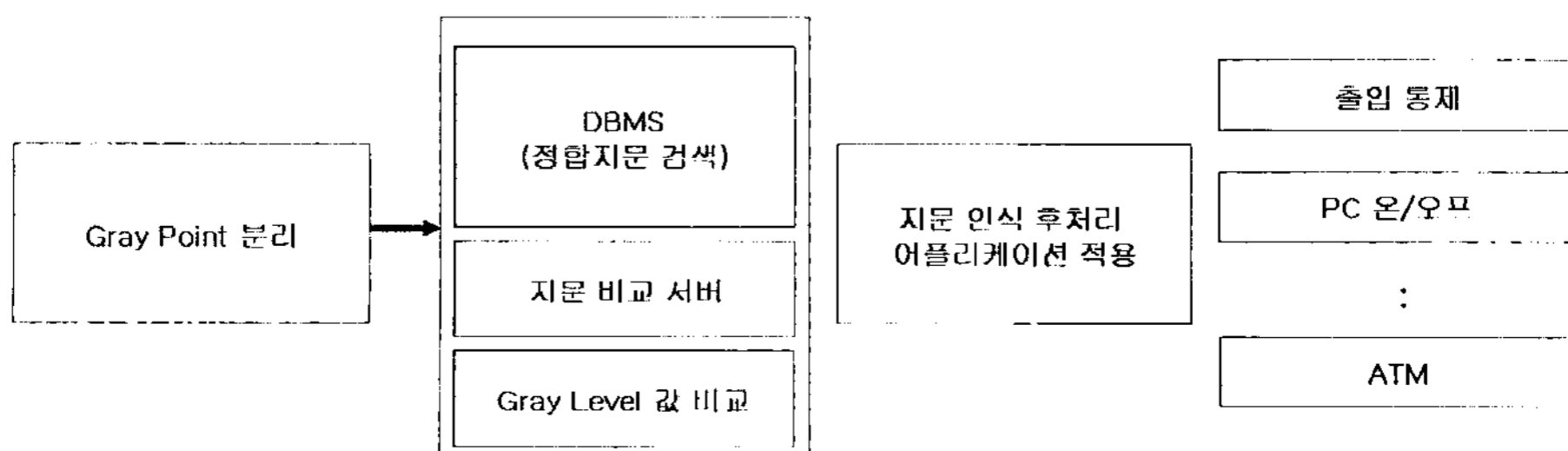


그림 6. 정합 및 후처리 시스템 구조

표 1. 개발 시스템 환경

항 목	종 류
인식센서	FC2062A 광학식 지문 인식 센서
실험 PC	64Bit P4-3.2GHz, Cache 2MB, 800MHz Bus
운영체제	Windows2000 Server
SDK	IZZIX PC SDK, FC2062A SDK

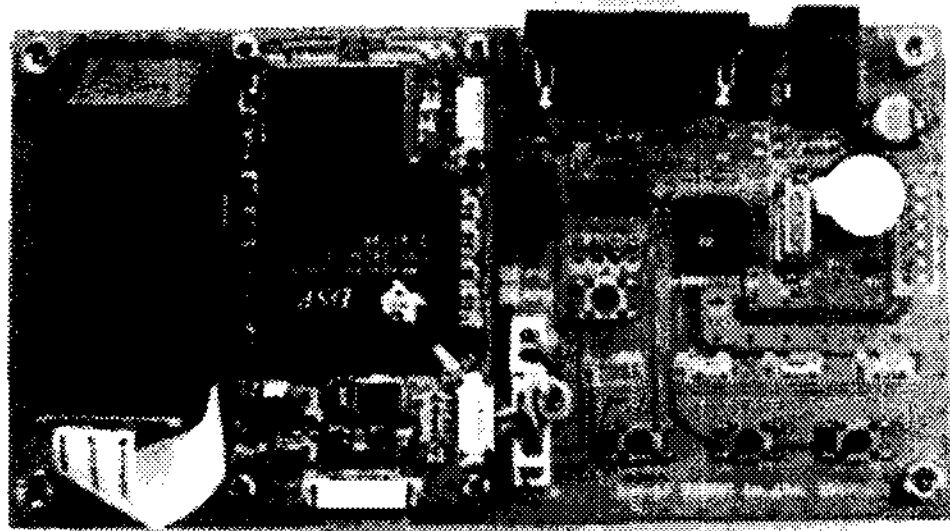


그림 7. FC20 SDK-E1 (62A-FS20)

다. 따라서 본 논문에서는 지문에 빛을 투과하였을 때 발생하는 광감쇠 현상을 활용한 방법을 제안하고 시스템을 설계 및 구축하였다. 본 실험을 위한 시스템 환경은 표 1과 같다.

3.2.1 광감쇠 반응 적용

과거 위·변조 지문을 식별하기 위해 생체에서 발생하는 생체전위를 검출하는 방법, 외부의 자극에 반응하는 형태를 측정하는 방법, 땀샘의 개수나 위치를 파악하여 식별하는 방법 등 여러 가지 방법들이 제안되어 왔다[11,12]. 그러나 전위검출용 전극을 다른 생체에 접하여 측정하거나 외부 반응을 정규하게 정량화 시키지 못하는 문제가 제기되었으며 고해상도의 영상 추출 장치를 이용한 땀샘 정보 복사 등으로 인해 위·변조된 지문을 식별하는 데에는 적지 않은 어려움이 존재하였다.

본 논문에서 제안하고 있는 위·변조 지문 식별을 위한 빛에 의한 감쇠 반응은, 매우 확연한 차이점을 보인다. 즉, 손가락의 경우 외부광이 입사되어 투과하게 되면 광감쇠 현상이 급격하게 일어나고 이에 따른 그레이 레벨(Gray Level)의 변화가 매우 크게 나타난다. 그러나 젤라틴 용액 등을 이용한 위조 지문인 경우에는 광감쇠 현상이 크게 일어나지 않으며, 그레이 레벨 역시 큰 변화 없이 고르게 나타난다. 또한, 실리콘 또는 고무 찰흙과 같은 모형물인 경우에

최대 그레이 레벨 포인트

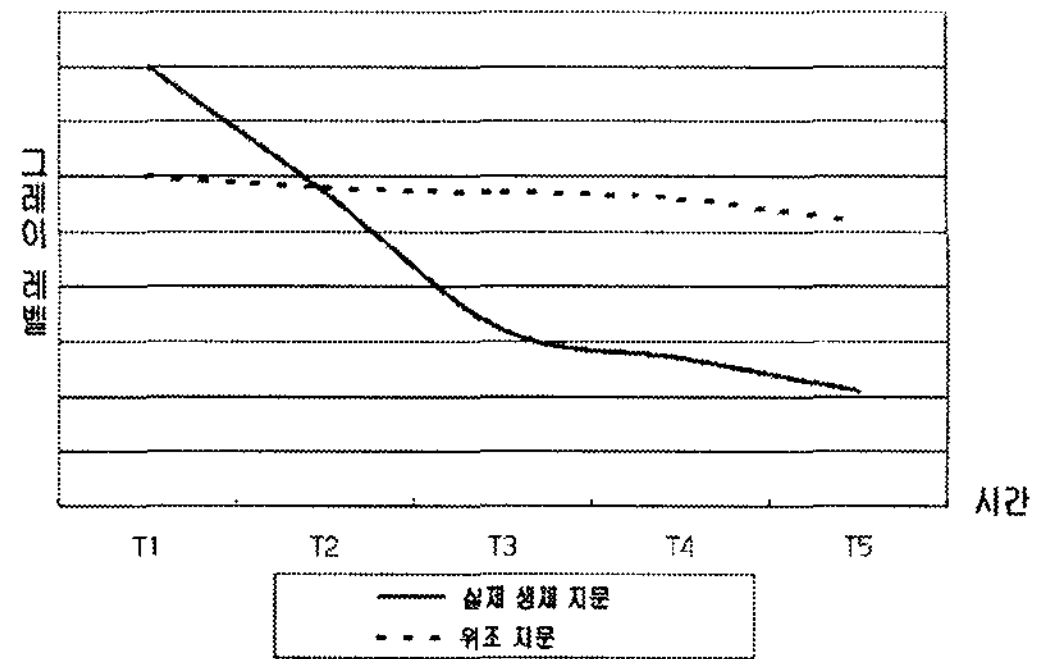


그림 8. 입력 지문에 따른 그레이 레벨 변화도

는 대부분의 외부광이 감쇠하여 단계적인 그레이 레벨의 감소가 발견되지 않는다.

따라서 일반적인 광학식 지문 인식 시스템의 입력부에 광감쇠 현상을 측정할 수 있는 판독 프로세스를 추가하여 위·변조된 지문과 식별할 수 있도록 하였다.

3.2.2 전처리 구현

입력된 지문 영상에서 그레이 레벨 측정이 이루어지고 나면, 잡음이나 지문이 변진 부분과 영상 외곽부분을 배경 영역으로 분리하는 과정을 수행하게 된다 [13,14]. 본 논문에서는 융선과 골의 대조를 분명하게 하려고 각 화소의 영상 밝기 정보를 통해 융선과 골을 따라 변화 폭을 줄이는 정규화 방법을 적용하였다.

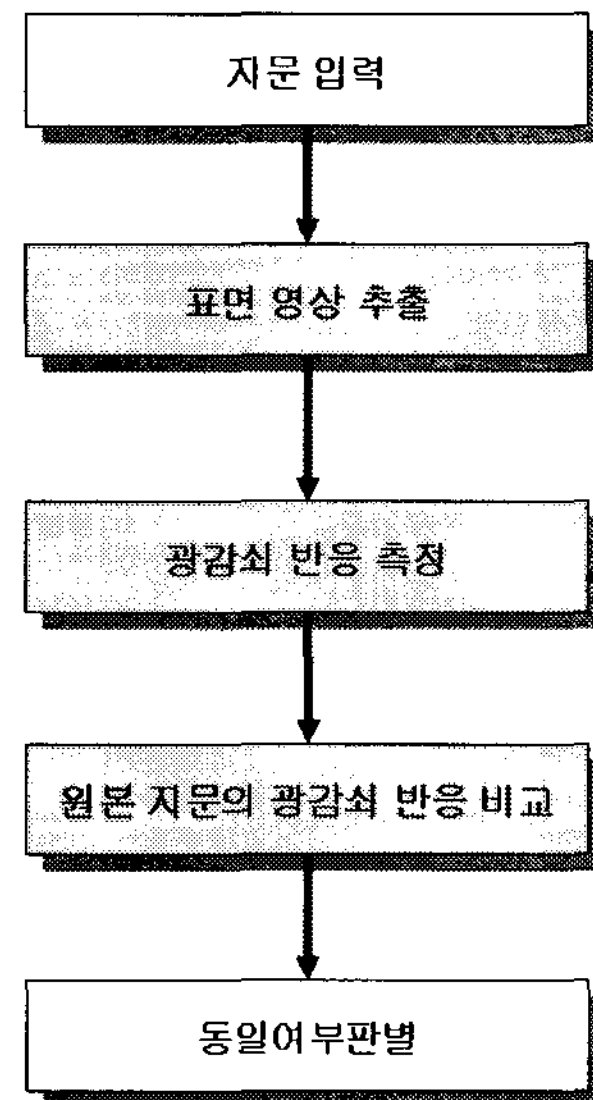


그림 9. 광감쇠 반응을 이용한 생체 지문 판별 과정

$$V_x(i, j) = \sum_{u=i-\frac{\omega}{2}}^{i+\frac{\omega}{2}} \sum_{v=j-\frac{\omega}{2}}^{j+\frac{\omega}{2}} 2\partial_x(u, v)\partial_y(u, v) \quad (1)$$

$$V_y(i, j) = \sum_{u=i-\frac{\omega}{2}}^{i+\frac{\omega}{2}} \sum_{v=j-\frac{\omega}{2}}^{j+\frac{\omega}{2}} (\partial_x^2(u, v) - \partial_y^2(u, v)) \quad (2)$$

$$\theta(i, j) = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left(\frac{V_y(i, j)}{V_x(i, j)} \right) \quad (\text{if } \theta(i, j) < 0, \text{ then } \theta(i, j) + \pi) \quad (3)$$

수식(1)~(3)과 같이 정규화된 영상은 일정 크기를 갖는 블록으로 나누어 용선 방향과 용선 주파수를 계산하게 된다. 이때 용선의 정확한 주방향을 구하기 위해 소벨(Sobel) 알고리즘을 적용한 계산식에 의해 처리하였다.

먼저 입력된 지문 영상을 중첩되지 않는 블록($w \times w$)로 나누고 각 블록의 화소(i, j)에 대해 3×3 소벨 연산자를 수평, 수직으로 각각 적용한다. 본 논문에서는 블록의 크기를 10×10 으로 제한하였으며, 화소(i, j)를 중심으로 하는 블록의 주방향($\theta(i, j)$)을 수식(3)을 사용하여 구하였다. 수식(1)에서 $\partial_x(u, v)$ 와 $\partial_y(u, v)$ 는 한 화소(u, v)의 x, y 방향으로 각각의 미분 값이 된다. 화소(u, v)의 방향 θ 는 Y 이지만, 블록의 주방향을 구할 때는 단순히 각 방향의 미분 값의 합을 이용해서는 정확한 방향을 구할 수 없다. 따라서 삼각함수 배각의 공식을 이용하여 블록 내 각 화소의 \sin, \cos 값을 각각 더하고 주방향 θ 는 두 값의 \tan 값으로 구하였다[14,15]. 각 영역의 주방향을 구할 때는, 영역 내에 용선이 제대로 들어가지 않아 주방향이 용선의 방향과 전혀 다르게 나타나는 경우가 발생하므로, 이것을 수정하기 위해 주위 8개 영역과의 평균을 구해 주방향을 수정해 주었다. 이때 구해진 평균은 영역 내 용선의 주방향에 대한 법선 방향이므로 최종적으로 구해지는 주방향은 법선들의 평균의 90° 방향이 된다.

마지막으로 각 영역의 주방향 정보를 이용하여 가우시안 필터를 적용하고, 용선과 곡부를 구분한 후 이진화 과정을 거치게 하였다. 각 블록을 중심으로 윈도우를 씌우고 앞서 구한 방향정보를 이용하여 윈도우를 회전하고 용선의 방향으로 투영하여 1차원 웨이브를 얻게 된다. 해당 웨이브의 봉우리를 구하여 각 봉우리 간의 평균거리를 구하고, 블록 중 지문으로 판별할 수 없는 경우는 -1로 설정하였다. 해당 블록들은 이웃 블록의 주파수 정보와 가우시안 커널을

이용하여 보정하고, 마지막으로 블록단위로 하위수준 필터링을 하여 최종적인 주파수 정보를 얻었다.

3.2.3 후처리 구현

후처리 과정은 전처리 단계에서 추출된 특징점 가운데 지문 영상의 왜곡 및 정보 손실 등 여러 가지 원인으로 생성된 의사 특징점을 제거하는 단계를 말한다. 이러한 의사 특징점은 전체적인 인식률을 저하시키고, 특징점의 전체 개수 증가로 매칭 시간과 저장 공간을 증가시키는 문제점을 제공한다. 따라서 정확한 특징점의 비율을 최대화하기 위해 특징점 각각에 대한 구조적인 특징, 지문의 고유한 특성, 획득된 지문 영상의 품질 정보 등을 이용하여 의사 특징점을 제거함으로써 인식률을 더욱 높일 수 있도록 적용하였다.

3.3 정합 과정의 구현

입력된 지문 영상이 필터링과 세션화 및 특징점 추출 과정을 거치게 되면, 등록된 지문과 동일한지를 인증하는 정합 과정을 수행해야 한다. 그러나 입력된 지문 영상의 특징점에 대한 기준 좌표가 없는 문제를 해결해야 하며, 결국 같은 지문이라도 입력될 때마다 천이, 회전, 늘림 등으로 인해 특징점이 동일한 위치와 각도를 갖지 못하게 된다. 따라서 대상지문과 입력지문의 기준이 되는 특징점 쌍을 결정하고, 결정된 참조 쌍을 중심으로 모든 특징점을 극좌표 변환하여 다시 정렬하였다. 이렇게 정렬된 두 영상의 특징점들 간의 거리, 각도, 특징점의 방향, 특징점의 종류를 각각 비교하여 동일한 지문인지를 확인하도록 하였다. 그러나 두 지문 영상에서 나타나는 특징점의 모든 참조 쌍은 기존의 전체 정합을 처리하는 방식에 적용하게 되면, 높은 프로세스 점유율을 요구하게 되고, 과부하의 문제를 가져올 수 있게 된다. 이에 본 논문에서는 용선의 각도차이를 정량화하여 참조 쌍을 구하고, 일정한 영역을 부분적으로 정합한 후 같은 과정을 반복하여 전체 정합을 수행하는 방법을 적용함으로써 정합 과정에서 소요되는 시간을 단축하고 과부하의 문제를 해결할 수 있도록 하였다.

3.3.1 기준 특징점 쌍 후보 선택

입력지문의 i 번째 특징점 $M(F)(i)$ 와 참조지문의 j 번째 특징점 $M(RF)(j)$ 의 위치가 같으면 각각의 특

정점에 연결된 모든 이웃 특징점 사이의 거리와 방향각의 평균값을 수식(4)와 같이 구할 수 있다. 여기에서 *count*는 연결 수(특정점의 종류)를 나타내며 1(단점) 또는 3(분기점)이 된다. 계산된 거리와 방향각의 차이가 허용치 이내에 해당하면 두 지문의 주변 특징점 정보는 유사하다고 볼 수 있으며, 이 둘을 기준 특징점 쌍 후보로 선정하게 된다. 만약 거리차이가 허용치를 벗어나거나, 거리차이는 허용치 이내이나 각도 차이가 허용치를 초과하게 되면 두 특징점의 주변 정보는 유사하다고 할 수 없으므로 참조지문의 다른 특징점과 비교를 반복 수행한다. 본 논문에서는 방향각의 허용치 범위를 5°~6°로 설정하였다.

$$FDist_{average} = \frac{1}{count} \sum_{n=1}^{count} distance[n] \tag{4}$$

$$Ftheta_{average} = \frac{1}{count} \sum_{n=1}^{count} theta[n] \tag{5}$$

3.3.2 연결 정보와 부분 정합

그림 10에서 $M(F)(i)$ 를 입력 지문의 기준 특징점으로, $M(F)(k)$ 를 이웃한 특징점이라 정의하면 $M(F)(k)$ 의 극좌표 계에서의 위치는 수식(6),(7)과 같이 거리와 각도로 표시된다.

기준 특징점 쌍 후보에 대해 극좌표 계에서 이웃하는 특징점까지의 거리, 각도 차이가 일정한 허용치 이내이면 동일한 특징점으로 판단한다. 이렇게 입력된 지문 영상에 존재하는 모든 이웃 점들이 참조 지문 영상에 존재하는지 판단하여 정합 수를 계산하고 정합도가 가장 큰 기준 특징점 쌍 후보를 두 지문의 중심점으로 인정한다. 그리고 두 중심점을 기준으로 두 지문 사이의 이동변위와 회전각을 산출하여 입력 지문의 특징패턴들을 이동, 회전시키면 입력 지문의 특징점들이 참조 지문의 특징점들과 정렬되어 비교

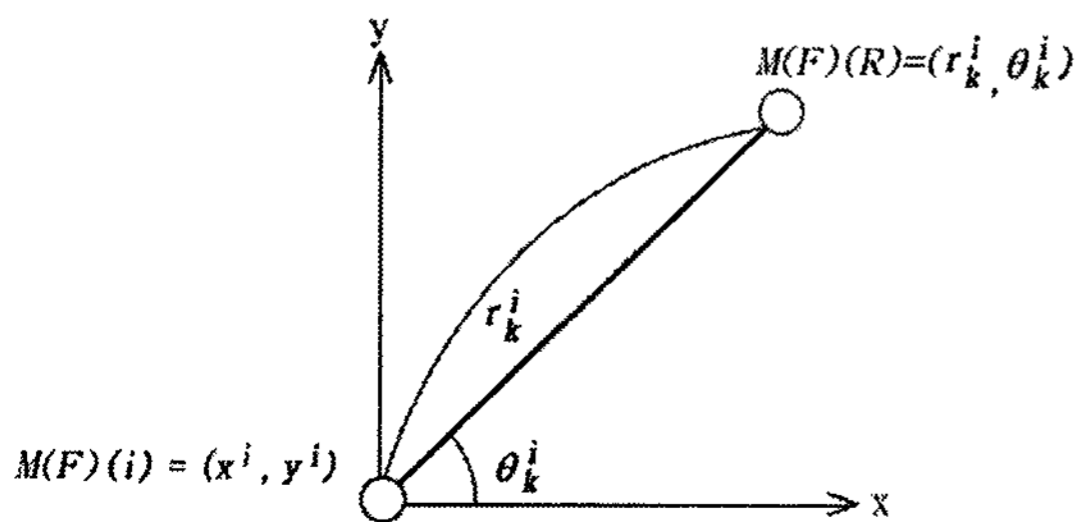


그림 10. 거리, 각도로 표시한 이웃 특징점의 위치

될 수 있다. 정렬 후 지문 일치 여부를 수식 4와 같이 계산하고, 동일지문 여부를 판정하게 된다.

$$r_k^i = \sqrt{(x_k - x^i)^2 + (y_k - y^i)^2} \tag{6}$$

$$\theta_k^i = \tan^{-1} \left(\frac{y_k - y^i}{x_k - x^i} \right) \tag{7}$$

$$M.C[i][j] = \sum_{k=1}^N \sum_{l=1}^M m_{kl} \quad (k \neq i, l \neq j) \tag{8}$$

$M.C[i][j]$ 는 기준 특징점 쌍 후보 ij 에 대한 정합수이며, m_{kl} 은 정렬된 두 지문의 ij 를 중심으로 이웃 특징점까지의 거리와 각도차이가 허용치 이내이면 1이 된다.

또한, 효율적으로 이웃 특징점을 구하고자 블록 단위로 해당 블록에 속한 특징점의 수와 특징점의 색인 정보를 갖는 $B_x(u,v)$ 를 생성하였다. 블록단위로 현재 블록과 이웃 블록의 특징점 개수 합이 a 이상인 블록에 대해서는 그림 11과 같이 이웃 블록에 포함된 특징점의 거리를 계산하여 반경 'R'에 속한 특징점을 극좌표로 변환하고, 이웃 특징점 정보를 Φ_k 가 증가하는 순으로 정렬한다. 이때 등록된 지문의 이웃 특징점 정보는 등록 시 계산되어 다시 저장된다.

이와 같은 방법을 이용하여 저장된 이웃 특징점 정보와 입력 지문 영상의 이웃 특징점 정보를 이용하여 부분적 정합을 수행한다. 모든 특징점이 이웃 특징점을 갖고 있는 것이 아니므로 정합의 전체 반복 횟수는 감소하게 된다. 또한, 등록 정보는 극좌표로 변환되어 있으므로 변환 시간이 따로 요구되지 않는다는 장점을 갖고 있을 수 있다. 이때 R의 값에 따라 전체 처리 과정의 효율성이 달라진다. 만약 R의 값

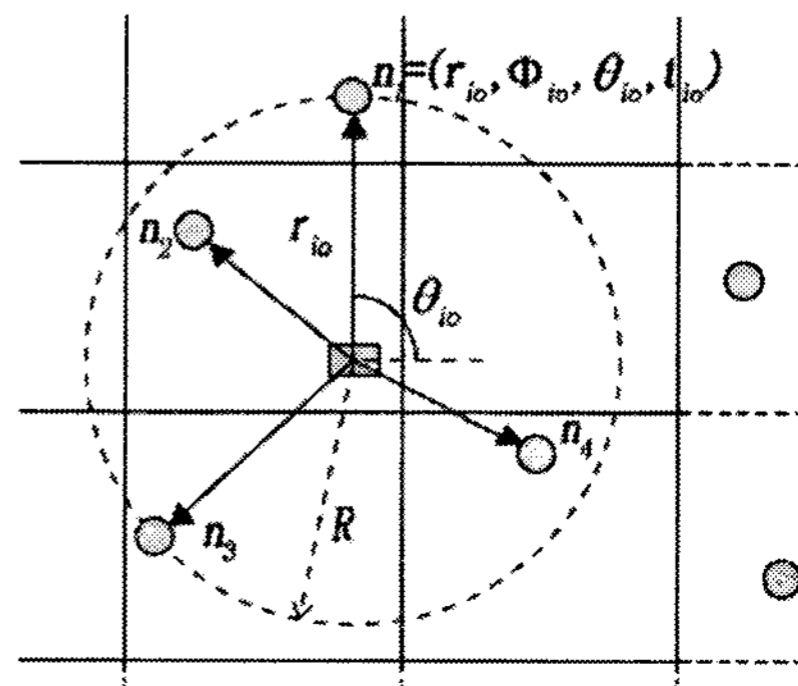


그림 11. 'R' 범주 이내의 이웃 특징점

이 너무 커지면 발견되는 이웃 특징점의 개수가 증가하고 이 정보를 통해 부분 정합을 하는 전체 시간 역시 증가한다. 반면 R의 값이 너무 작아지면 정확한 참조 쌍을 찾는 데 어려움이 발생한다. 따라서 R의 값을 변화하여 반복적으로 실험하고 R의 적정 값을 15°로 조절하였다.

3.3.3 전체 정합

등록된 지문에 대하여 그림 12와 같이 특징점 정보를 Q, 입력된 지문의 특징점 정보를 Q'라고 정의한다. Q, Q'의 각 특징점 D_i 는 벡터정보 $(X_i, Y_i, \theta_i, t_i)^T$ 로 구성되어 있다. 전체 정합단계에서는 부분 정합을 통해 점수가 높았던 특징점 쌍들을 중심으로 정합을 수행한다. 먼저 등록지문에 대한 특징점 D_i 와 입력 지문의 특징점 D'_j 을 중심으로 나머지 특징점을 극좌표로 변환한다. $\Delta\theta_{ij}$ 은 $\theta_i - \theta'_j$ 으로 상대적인 입력지문의 회전각을 의미하며, 반지름 각도가 증가하는 순서로 정렬된 극좌표 계를 갖는 Q, Q'를 갖게 된다.

두 특징점 P_{ik} 와 P'_{jl} 에 정합상자(Matching Box) 안에서의 반지름의 오차 Δr_{kl} , 각도의 오차 $\Delta\Phi_{kl}$, 특징점 방향의 오차 $\Delta\theta_{kl}$ 를 구한다. 만약 P'_{jl} 이 정합상자 밖에 존재하면 $-\infty$ 를 부여한다. 두 특징점 P_{ik} 와 P'_{jl} 의 정합 점수는 $S_{kl} = b \cdot (S_{kl}^r + S_{kl}^\phi + S_{kl}^\theta)$ 으로 b는 특징점 종류가 동일하지 않을 경우 0.5, 같을 경우 1.0의 정합점수 가중치이다. 전처리 단계에서 발생한 정보 손실에 따른 특징점 오류를 보상하기 위해 가중치를 부여하게 된다.

S_{kl}^r, S_{kl}^ϕ 그리고 S_{kl}^θ 의 정합 점수는 오차 값에 비례하며, S_{min}^r, S_{max}^r 은 Δr_{kl} 에 대한 최소 점수와 최대 점수를

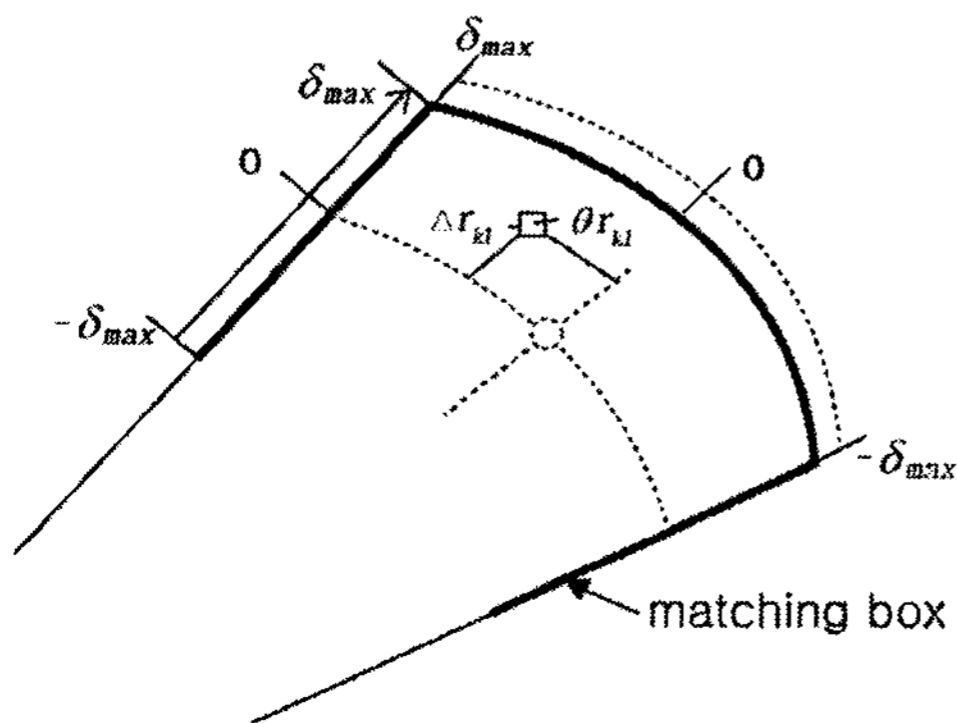


그림 12. Q, Q'의 정합

의미한다. 본 논문에서는 S_{min}^r, S_{min}^ϕ 와 S_{min}^θ 를 각각 25, 25, 20으로 적용하였으며, S_{max}^r, S_{max}^ϕ 와 S_{max}^θ 는 35, 35, 30으로 결정하였다. 각 특징점에 대한 정합점수의 합 TS_{ij} 를 두 지문의 특징점 개수 중에 큰 수로 나누어 정합점수 MS_{ij} 를 구한다. 부분정합에서 결정된 참조 쌍을 기준으로 구한 정합점수 중에서 본인 여부를 결정하는 임계 점수보다 크거나 같으면 동일 지문이라고 결정한다.

4. 실험 결과 및 분석

본 논문에서 제안하고 구현한 광감쇠 측정 시스템의 보안성을 확인하기 위하여 고무 찰흙으로 위·변조된 지문과 잔여 지문을 이용하여 젤라틴 용액으로 제작한 지문, 실제 생체 지문을 대상으로 인식률에 관한 실험을 수행하였으며, 생체 지문인 경우를 L, 고무 찰흙으로 생성한 지문을 G, 젤라틴을 이용한 위조 지문을 GT로 각각 표기하여 표 2와 표 3과 같은 실험 군을 형성하였다. 표 2는 생체 정보를 입력할 때와 저장된 인증 데이터의 변화를 통한 본인 식별률을 알아보기 위한 실험 방법을 나타내고 있다. 먼저 입력과 정합 대상 생체가 동일한 성질일 경우의 반응(Live-Live, Gummy-Gummy)과 입력과 정합 대상 생체가 다를 경우(Live-Gummy, Gummy-Live)의 식별률을 실험하였다. 이때 위조 지문은 고무 찰흙을 이용하였으며, 추가적인 보안 장치를 적용하지 않은 지문 인식기와 온도 센서를 부착하여 멀티 측정을 수행하는 지문 인식기, 마지막으로 본 논문에서 제안한 광감쇠 측정 시스템에서의 식별률을 비교해 보았다.

같은 방법으로 표 3과 같이 잔여 지문으로 생성한 젤라틴 위조 지문을 대상으로 실험을 수행하였으며, 빛을 전반사하는 고무 찰흙을 이용하여 제작한 위조 지문과 빛을 전부 투과시키는 젤라틴으로 제작한 위조 지문의 차이점을 비교해 보았다. 또한 실험의 정확성을 위해 20세~50세의 남녀 50명(남자 25명, 여

표 2. 고무 찰흙 위조 지문 & 생체 지문 정합 실험

	입력 지문	비교 지문
실험 1	생체 지문	생체 지문
실험 2	생체 지문	고무 찰흙 위조 지문
실험 3	고무 찰흙 위조 지문	생체 지문
실험 4	고무 찰흙 위조 지문	고무 찰흙 위조 지문

표 3. 젤라틴 위조 지문 & 생체 지문 정합 실험

	입력 지문	비교 지문
실험 5	생체 지문	생체 지문
실험 6	생체 지문	젤라틴 위조 지문
실험 7	젤라틴 위조 지문	생체 지문
실험 8	젤라틴 위조 지문	젤라틴 위조 지문

자 25명)의 수집된 지문을 대상으로 인식률을 측정하였으며, 인식률은 80회를 측정하였을 경우의 인식 횟수로 비교하였다. 또한 남녀 성별에 따른 2개의 군집으로 분류하여, 군집의 평균을 통해 인식률 분석을 수행하였다.

4.1 일반 지문 인식 장치를 통한 실험 결과

표 4는 일반 지문 인식 장치에서 고무 찰흙으로 제작된 위조 지문과 실제 생체 지문을 대상으로 실험을 수행한 결과이다. 먼저 입력 지문이 위조 지문이라고 하더라도 정합 과정에서 사용되는 지문 역시 동일한 위조 지문일 경우에는 남녀 구분없이 매우 높은 인식률을 나타내는 것을 확인할 수 있었다. (L-L, G-G 항목) 한편 입력 지문과 정합 시 사용되는 지문이 '위조 지문 - 생체 지문', '생체 지문 - 위조 지문'으로 각기 다른 형태일 경우에도 같은 입력과 정합 결과만큼은 아니지만, 약 75% 이상의 높은 인식률을 나타내는 것을 확인할 수 있다. (L-G, G-L 항목)

결국, 아무런 위·변조 지문에 대한 대비가 없는 일반 지문 인식 시스템인 경우, 고무 찰흙을 이용한 위조 지문의 침입에 취약하다는 것을 확인할 수 있었다. 표 5는 같은 방식으로 젤라틴 용액을 이용하여 생성한 지문으로 실험한 결과이며, 분석한 결과 앞에서 확인된 내용과 거의 동일한 반응이 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

4.2 온도 측정 장비 + 지문 인식 장치를 통한 실험 결과

사람의 신체 피부 온도는 대략 26℃~30℃ 사이에 분포한다. 따라서 온도를 이용한 위·변조 생체 측정 장비는 입력되는 지문 온도를 측정 후 허용 범위 안에 포함되는지를 판별하고, 이를 통해 실제 지문을 확인하는 방법을 사용한다. 표 6, 표 7과 같이 입력된 지문과 정합 과정에서 지문이 차이가 나거나, 입력 또는 정합 과정에서 위조된 지문을 사용하면, 기존의

표 4. 고무 찰흙 위조 지문 & 생체 지문 인식률 결과표 (단위 : 인식률(%))

입력- 비교 성별	생체- 생체	생체-고무 찰흙	고무 찰흙- 젤라틴	고무 찰흙- 고무 찰흙
남자	99.7	79.7	80.3	89.8
여자	99.2	80.2	78.8	93.8

표 5. 젤라틴 위조 지문 & 생체 지문 인식률 결과표 (단위 : 인식률(%))

입력- 비교 성별	생체- 생체	생체- 젤라틴	젤라틴- 생체	젤라틴- 젤라틴
남자	99.8	83.1	82.8	93.6
여자	99.3	84.3	83.0	94.85

표 6. 고무 찰흙 위조 지문 & 생체 지문 인식률 결과표 (온도 측정 + 지문 인식) (단위 : 인식률(%))

입력- 비교 성별	생체- 생체	생체- 고무 찰흙	고무 찰흙- 젤라틴	고무 찰흙- 고무 찰흙
남자	98.6	45.4	46.5	42.8
여자	98.8	53.3	48.9	50.95

표 7. 젤라틴 위조 지문 & 생체 지문 인식률 결과표 (온도 측정 + 지문 인식) (단위 : 인식률(%))

입력- 비교 성별	생체- 생체	생체- 젤라틴	젤라틴- 생체	젤라틴- 젤라틴
남자	99.7	42.5	45.8	44.0
여자	98.3	47.1	49.4	49.2

표 8. 적정 온도를 맞춘 고무 찰흙 위조 지문 & 생체 지문 인식률 결과표 (단위 : 인식률(%))

입력- 비교 성별	생체- 생체	생체- 고무 찰흙	고무 찰흙- 젤라틴	고무 찰흙- 고무 찰흙
남자	98.7	77.7	73.4	80.9
여자	97.6	68.8	76.0	65.7

방식보다 낮은 인식률을 나타냄으로써 보안성 문제가 향상된 것을 확인할 수 있다.

그러나 이러한 방법은 주변의 환경에 많은 영향을 받는다. 또한, 위조 지문을 적정한 피부 온도로 따뜻하게 가공한 후, 같은 실험을 하였을 경우 표 8과 같이 다시 높은 인식률을 나타내는 것을 알 수 있었다.

따라서 온도 측정 장비를 추가한 멀티 센서 방식은 완전하게 보안성 문제를 해결해 줄 수 없음을 확인하였으며, 부가적 하드웨어의 추가로 인한 비용의 증가와 시스템의 소형화가 어렵다는 문제가 있어 문제 해결에 부적합한 것으로 나타났다.

4.3 광감쇠 측정 + 지문 인식을 통한 실험 결과

사람의 신체 피부에 빛을 투과하였을 경우 센서 접촉 지점부터 멀어질수록 광감쇠 현상이 발생하는 것을 이용한 것으로 본 실험에서는 접촉 지점부터 손톱까지를 5구간으로 나누고 각 구간 그레이 레벨의 최고점을 측정하여 구간별 감쇠 값을 함께 비교하도록 하였다.

표 9와 표 10, 그림 13과 그림 14와 같이 생체 데이터를 입력하고 정합 부분에서 확인하였을 경우를 제외하고는 위조 지문을 입력하거나 정합 시 사용하였을 때에는 현저하게 낮은 인식률을 나타내는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과가 도출되는 원인으로서는 고무 찰흙을 이용한 위조 지문이면 빛의 투과율이 거의 0에 가깝고, 젤라틴 용액을 이용한 위조 지문이면 빛을 전부 투과시키는 특징을 나타내기 때문으로 해석할 수 있다.

표 9. 고무 찰흙 위조 지문 & 생체 지문 인식률 결과표 (광감쇠 측정) (단위 : 인식률(%))

입력- 성별 \ 비교	생체- 생체	생체- 고무 찰흙	고무 찰흙- 젤라틴	고무 찰흙- 고무 찰흙
남자	96.4	11.2	9.0	4.6
여자	98.4	6.0	5.8	6.0

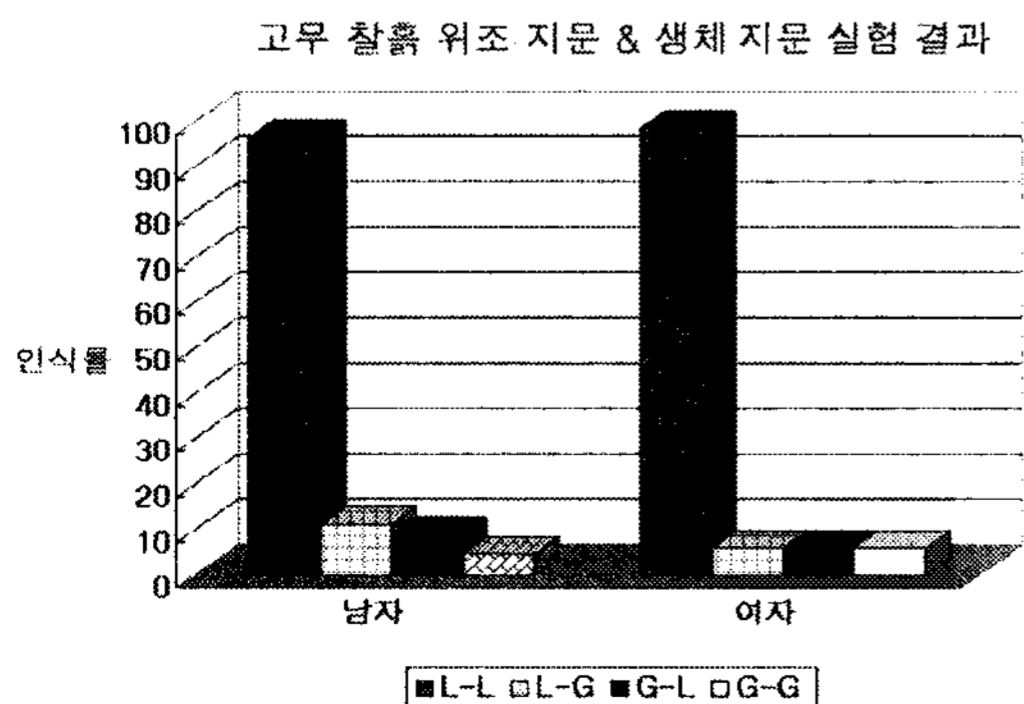


그림 13. 고무 찰흙 위조 지문 & 생체 지문 인식률 결과 그래프 (광감쇠 측정)

표 10. 젤라틴 위조 지문 & 생체 지문 인식률 결과표 (광감쇠 측정) (단위 : 인식률(%))

입력- 성별 \ 비교	생체- 생체	생체- 젤라틴	젤라틴- 생체	젤라틴- 젤라틴
남자	98.6	5.5	5.7	3.8
여자	98.1	5.7	7.1	4.9

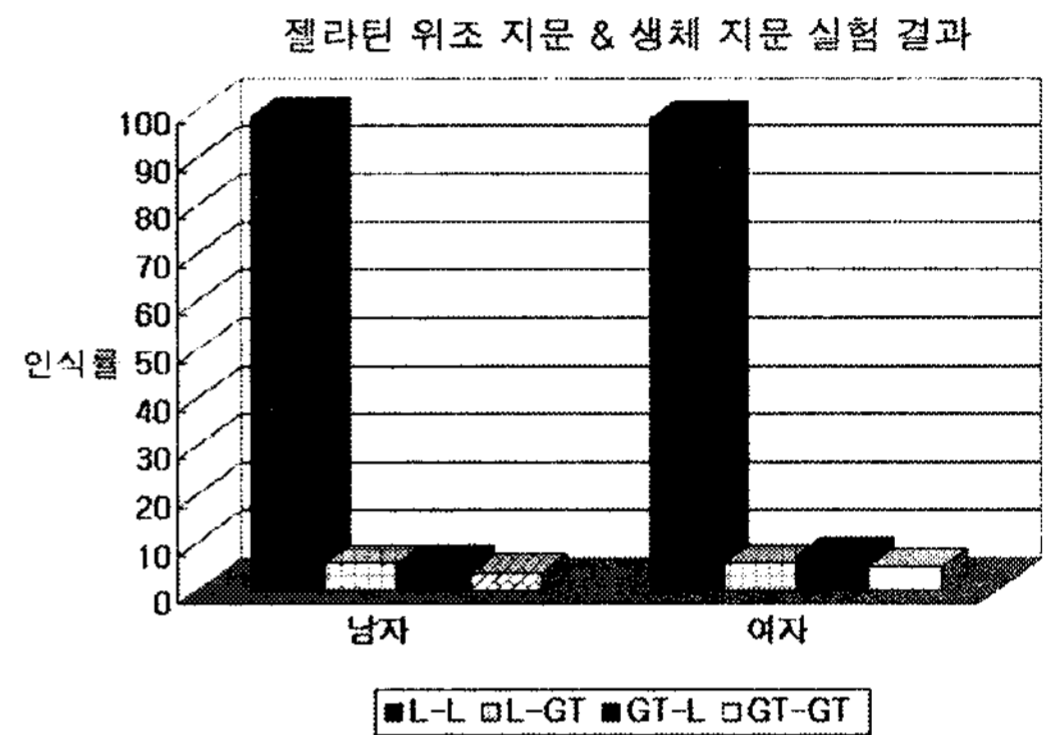


그림 14. 젤라틴 위조 지문 & 생체 지문 인식률 결과 그래프 (광감쇠 측정)

지금까지의 실험을 분석한 결과 본 논문에서 제안한 광감쇠 현상을 이용한 위·변조 지문 검출 시스템은 각각의 실험 항목에서 높은 인식률과 검출률을 나타내는 것을 알 수 있었다.

5. 결 론

본 논문에서는 정확한 위·변조 지문 검출을 위해 광감쇠 원리를 이용한 검출 방법을 제안하였으며, 검출률의 성능 향상을 입증하기 위하여, 기존에 사용했던 온도 센서를 이용한 멀티 측정 방식과 비교 실험을 수행하였다. 먼저 위조 지문과 생체 지문을 차례로 입력하고, 매칭 결과를 측정하였을 때, 그 인식률을 비교해 본 결과 평균 86.4%로 위·변조 지문을 정확하게 구분하지 못하는 결과를 확인하였다. 반면 본 논문에서 제안된 방법을 적용하였을 경우 90% 이상 위조 지문에 대한 인식 거부율을 나타냄으로써 위·변조 지문 검출의 정확도가 높은 것을 알 수 있었다. 또한, 현재 많이 사용되고 있는 온도 측정을 함께 수행하는 멀티 센서 검출방식과 비교하였을 때 도약 32.6% 정도 위·변조 지문 검출률이 높게 나타났으며, 위조 지문의 표피 온도를 인체 온도와 유사

하게 조절하였을 경우 온도 측정센서를 통해 정확하게 검출해 내지 못하는 단점도 극복할 수 있다는 결과를 얻을 수 있었다.

그러나 생체 지문을 측정할 때, 측정 환경에 따라 간혹 광감쇠율의 미세한 차이가 발생하는 때가 있으며, 이때의 오차 값이 지문 정합 연산에 영향을 주고, 그로 인한 인식률의 감소가 일부 발견되고 있다. 따라서 향후에는 보다 안정적이고 오차율이 낮아질 수 있도록 제안 시스템을 보완하기 위한 연구가 지속적으로 필요할 것이다.

본 연구의 결과로, 생체 인식 시스템 자체에서 제기되는 보안 취약점을 효율적으로 해결할 수 있을 것으로 예상되며, 홍채, 정맥, 얼굴 등의 다양한 바이오 인식 시스템에 적용된다면 보다 안정적으로 개인 인증 또는 식별 시스템의 정착이 가능할 것이다.

참 고 문 헌

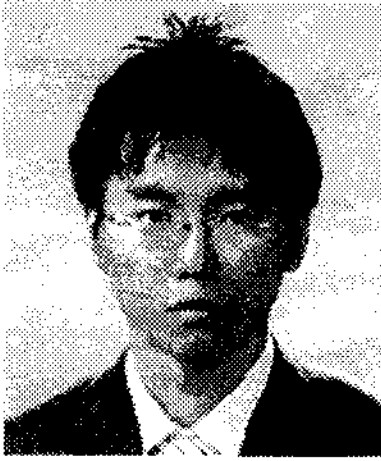
- [1] 최경택, 박강령, 김재희, "Biometric System에서의 Privacy 보호 기술," 정보보호학회지, 제15권, 제6호, pp. 19-30, 2005.
- [2] Biometric Consortium, "http://www.biometrics.org", accessed 07/02/21.
- [3] K. Chang, K.W. Bowyer, S. Sarkar and B. Victor, "Comparison and Combination of Ear and Face Biometrics in Appearance Based Biometrics," *IEEE Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.25, No.9, pp. 1160-1165, 2003.
- [4] 조동욱, 김동원, 윤미희, 신승수, "생체 인증을 통한 본인 확인 시스템," 한국콘텐츠학회 춘계 종합학술대회 논문집, 제1권, 제1호, pp. 437-442, 2003.
- [5] Find Biometrics, "http://www.findbiometrics.com/Pages/glossary.html," accessed 06/11/18.
- [6] S. Bains, "You Need Hands : Fingerprint-based Biometrics," *IEEE Review*, Vol.51, No.11, pp. 30-33, 2005.
- [7] 길연희, 정윤수, 유장희, "생체인식 기술의 국제 표준화 동향," 전자통신동향분석, 제20권, 제4호, pp. 167-175, 2005.
- [8] R. Boyer and J. Moore, "Proof Checking the RSA Public Key Encryption Algorithm," *Journal of the American Mathematical Society*, Vol.4, No.9, pp. 181-189, 1984.
- [9] A.J. Menezes, *Handbook of Applied Cryptography*, CRC Press, 1997.
- [10] G.S. Sodhi and J. Kaur, "Powder Method for Detecting Latent Fingerprints," *Forensic Science International*, Vol.120, No.3, pp. 172-176, 2001.
- [11] A.K. Jain and L. Hong, "An Identity-Authentication System Using Fingerprints," *Proceedings of the IEEE*, Vol.85, No.9, pp. 1365-1388, 1997.
- [12] 조동욱, 김동원, 윤미희, 신승수, "생체 인증을 통한 본인 확인 시스템," 한국콘텐츠학회 춘계 종합학술대회 논문집, 제1권, 제1호, pp. 437-442, 2003.
- [13] 박중조, 이길호, "특징점의 융선형태 정보를 이용한 지문 인식," 신호처리시스템학회 논문지, 제6권, 제2호, pp. 67-73, 2005.
- [14] J. Yang, L. Liu, T. Jiang and Y. Fan, "A Modified Gabor Filter Design Method for Fingerprint Image Enhancement," *Pattern Recognition Letters*, Vol.24, No.12, pp. 1805-1817, 2003.
- [15] 나호준, 김창수, "지문 인식 정합을 위한 특징점과 특이점 추출 연구," 한국멀티미디어학회 춘계학술대회논문집, 제7권, 제1호, pp. 275-278, 2004.



이 지 선

2000년 2월 인천대학교 컴퓨터공학과 (공학사)
 2003년 8월 인천대학교 컴퓨터공학과 (공학석사)
 2007년 8월 인천대학교 컴퓨터공학과 (공학박사)
 2005년 3월~현재 나사렛대학교 인터넷정보학과 겸임교수

관심분야 : 바이오 인식, 인터넷 소프트웨어, 소프트웨어 공학



김 재 환

2007년 인천대학교 컴퓨터공학과 (공학사)
2007년~현재 인천대학교 컴퓨터공학과 석사과정 재학
관심분야 : RFID, WEB2.0



이 병 수

1976년 2월 단국대학교 전자공학과 (공학사)
1980년 2월 동국대학교 전산정보처리전공 (경영학석사)
1998년 9월 경기대학교 전자계산학과 (이학박사)
1981년~현재 인천대학교 정보기술대학 컴퓨터공학과 교수
관심분야 : 소프트웨어 설계, 시스템 분석 설계, CRM



채 진 석

1990년 서울대학교 컴퓨터공학과 (공학사)
1992년 서울대학교 대학원 컴퓨터공학과 (공학석사)
1998년 서울대학교 대학원 컴퓨터공학과 (공학박사)
1998년~현재 인천대학교 정보기술대학 컴퓨터공학과 부교수

관심분야 : 인터넷 소프트웨어, 전자문서 처리, 디지털 도서관